

НОВЫЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ЗАЖИГАТЕЛЬНЫЙ ГОРН ДЛЯ АГЛОМЕРАЦИОННЫХ МАШИН

А.А. Винтовкин, В.А. Чистополов, А.В. Чистополов, В.В. Деньгуб

ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники»
(ОАО «ВНИИМТ») (г. Екатеринбург, Россия)

Приведены результаты разработки, изготовления и опыт эксплуатации новой конструкции зажигательного горна агломерационной машины. Горн футерован волокнистым материалом и не требует затрат на сушку и разогрев футеровки. Горн оснащен автоматизированными панельными сводовыми горелками с горелочными камнями, монтаж которых не требует доступа в рабочий объем.

Ключевые слова: горн, система отопления, горелки, розжиг, контроль пламени.

The results of the development, manufacturing and operating experience of the new design ignition furnace of the sintering machine. Horn lined with fibrous material and does not require the cost for drying and heating of the lining. Horn is equipped with automated panel crestal burners with stones, the installation of which does not require access to the working volume.

Keywords: fiery furnace, heating system, burner, ignition, the flame control.

В технологической цепи агрегатов, применяемых в производстве агломерата, эксплуатируются горны, предназначенные для получения теплоносителя, фильтруемого через слой шихты, уложенной на тележки, и производящего нагрев поверхности слоя и зажигание в нем твердого топлива.

Получение теплоносителя производят путем сжигания в объеме горна топлива при обеспечении температуры газов над слоем от 1100 до 1400 °С в зависимости от свойств шихты и концентрации остаточного кислорода, необходимого для горения твердого топлива в слое.

В промышленности эксплуатируются зажигательные горны с различным расположением горелок: на торцевых стенах со стороны входа в горн тележек с шихтой и со стороны их выхода; на боковых стенах; на своде. Единого мнения о предпочтительном расположении горелок и организации факела в горне нет. Известны случаи успешной эксплуатации горнов при любом расположении горелок и различной высоте горнового пространства. Известны также случаи, когда стремление сжечь все топливо в пределах горелочных туннелей с выдачей в горн готовых продуктов сгорания давало худший результат, чем сжигание топлива непосредственно в объеме горна над слоем.

Тем не менее, основное требование к работе горна по максимальной равномерности зажигания поверхности слоя при минимальном количестве горелочных устройств в большей степени обеспечивается при сводовом расположении горелок.

Как правило, горн футерован огнеупорным кирпичом. В условиях нестабильности производства, связанной с перебоями загрузки шихты или подачей транспорта на отгрузку агломерата, наблюдаются частые остановки агломашин с переводом системы отопления горна на холостой ход. Эти оста-

новки вызывают не только потерю производительности, но и отрицательно влияют на стойкость футеровки, что особо нежелательно для сводового расположения горелок.

Целью настоящей работы стала разработка, изготовление и ввод в эксплуатацию конструкции горна со сводовой системой отопления с автоматизированными горелками и легкой футеровкой, не разрушающейся при резких колебаниях температуры в рабочем объеме.

Работы выполнены при финансовом и организационном обеспечении ОАО «Уралмашзавод» и ОАО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ» для предприятий: Аксуский завод ферросплавов АО «ТНК «Казхром» (Казахстан) и ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Горн Аксуского завода ферросплавов предназначен для работы в составе агломерационной машины при спекании марганцевого и хромового концентрата. Общий вид горна показан на рис. 1, а техническая характеристика приведена в табл. 1. Горн предназначен для работы на двух видах топлива: основное – ферросплавный газ (состав, об. %: $\text{CO} - 70,0$; $\text{H}_2 - 7,0$; $\text{CH}_4 - 1,0$; $\text{CO}_2 - 12,0$; $\text{N}_2 - 3,5$; $\text{O}_2 - 1,5$; $\text{H}_2\text{O} - 5,0$, $Q_{\text{H}}^{\text{P}} - 2400$ ккал/м³) и дизельное топливо резервное ($C^{\text{P}} - 87,7$; $\text{H}^{\text{P}}_2 - 12,6$; $\text{O}^{\text{P}} - 0,4$; $Q_{\text{H}}^{\text{P}} - 10150$ ккал/кг).

Основным несущим элементом горна является корпус, на котором расположены боковые, торцевые и четыре сводовые панели с тепловой изоляцией. Все панели выполнены съемными. Четыре сводовые панели одновременно являются и воздушными коллекторами с патрубками для подвода воздуха, и площадкой для обслуживания горелок. Нижняя часть корпуса горна воздухоохлаждаемая и имеет самостоятельный подвод воздуха. Передняя сводовая панель является транзитным воздухопроводом. Эта панель при помощи переходного канала соединена с торцевой горелочной панелью. Таким образом, ввод воздуха в торцевую панель выполнен с двух сторон.

Таблица 1

Техническая характеристика горна

Показатель	Значение показателя при сжигании	
	газа	дизельного топлива
Ширина горна, м	3,12	
Длина горна, м	3,0	
Высота от свода до верха бортов тележек, мм	900	
Температура продуктов сгорания, °С	1350	1350
Коэффициент расхода воздуха	1,9	0,55
Расход топлива максимальный, м ³ /ч, кг/ч	1400,0	400,0
Количество горелок, шт.	10	3
Расположение горелок	Сводовое	Торцевое со стороны загрузки
Расход топлива на горелку, м ³ /ч, кг/ч	140,0	133,0
Расход воздуха на горение топлива, м ³ /ч	4350,0	6870,0
Расход воздуха на бортовые уплотнения, м ³ /ч	1500,0	

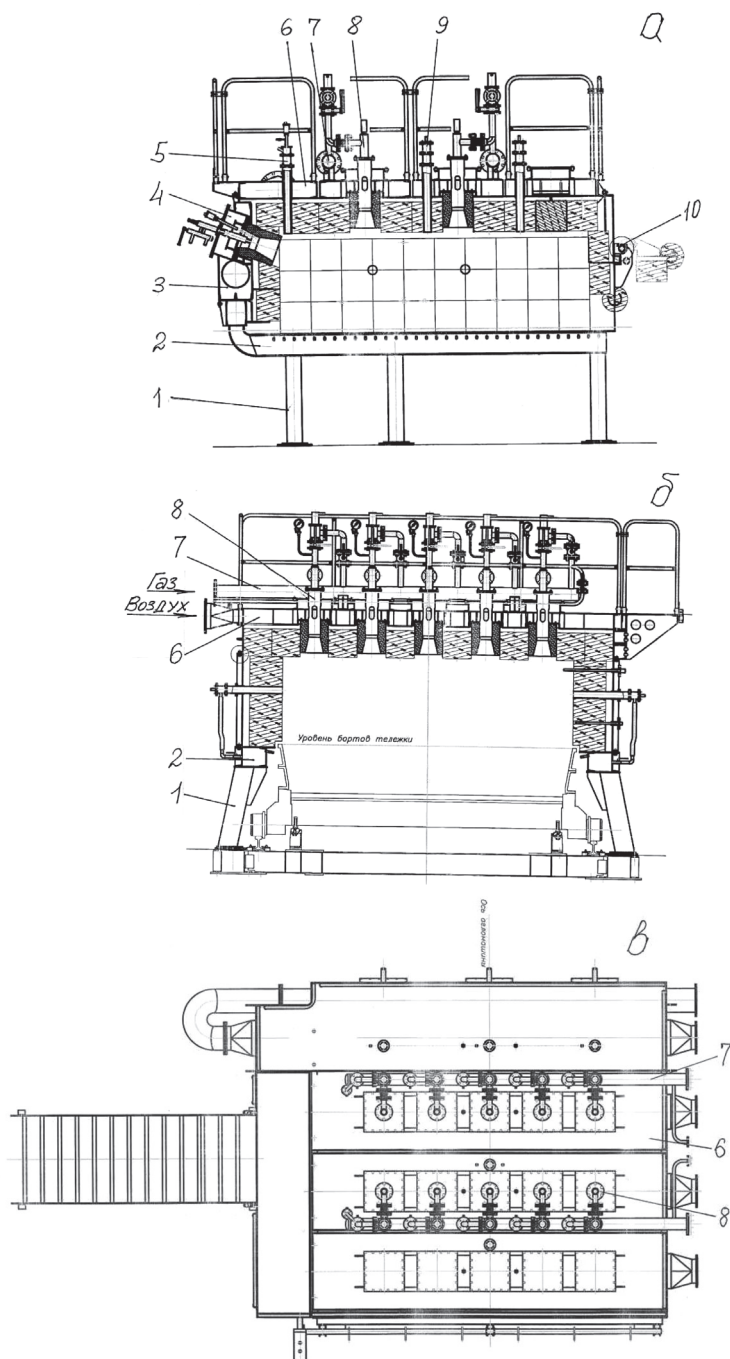


Рис. 1. Общий вид горна Аксуского завода ферросплавов:
 а – продольный разрез; б – поперечный разрез; в – вид сверху.
 1 – стойки; 2 – каркас; 3 – торцевая входная стенка с воздушным коллектором; 4 – жидкотопливная горелка с воздушным коллектором; 5 – жидкотопливный запальник; 6 – сводовая панель; 7 – газовый коллектор панели; 8 – горелка; 9 – пирометр; 10 – поворотная заслонка

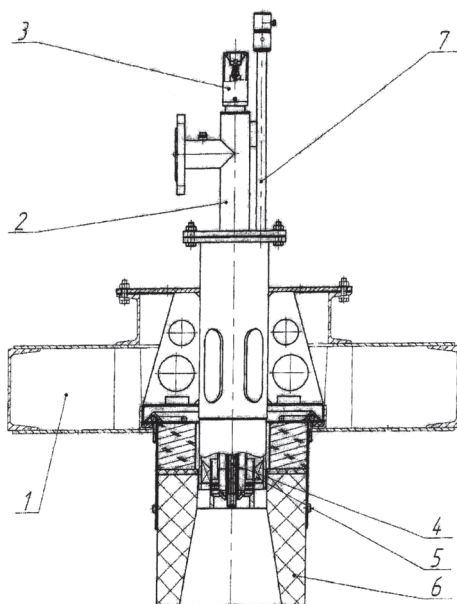
Две средние сводовые панели предназначены для установки газовых горелок и имеют самостоятельные воздухоподводящие патрубки. На этих же панелях, на специальных опорах, установлены газовые коллекторы, от которых выполнены подводы газа к горелкам с газовой арматурой. Последняя сводовая панель предназначена в качестве резервного устройства для размещения горелок. На сводовых панелях расположены патрубки для установки оптических пирометров, визированных на поверхность слоя шихты, а также патрубки для подвода воздуха в запальники торцевых горелок.

Панель жидкотопливных горелок расположена на входном торце горна. Опорой этой панели является поперечный коллектор системы охлаждения бортов тележек. Панель имеет три патрубка для установки жидкотопливных горелок, расположенных под углом 20° к поверхности слоя шихты. На выходной стороне в патрубках выполнены окна, в которых расположены горелочные камни.

Торцевая выходная стенка горна выполнена с поворотной заслонкой, установленной на шарнирном соединении и имеющей подъемное устройство с противовесом.

Футеровка боковых стен и свода горна выполнена легковесной из волокнистого рулонного материала Модуль Z-блок. Блоки устанавливают на корпус горна при помощи анкерных креплений. Футеровка нижней части торцевой заслонки на выходе из горна выполняется из рулонного материала CerachemBlanket.

Особенностью сводовой системы отопления является выполнение горелок в виде общего воздушного корпуса, которым является сводовая панель, и газоподводящих смесителей с горелочными туннелями, расположенных в окнах панелей. Общий вид элемента горелочной панели со смесителем (ГПС-0,4) показан на рис. 2.



Особенностью горелочного смесителя является его выполнение как унитарного изделия, содержащего устройство смешения газа и воздуха, устройство электророзжига, контроля пламени и горелочный камень. В состав смесителя сводовой горелки входит собственно газовая горелка и горелочный теплоизоляционный блок. Собственно смеситель горелки состоит из воздухоподводящего корпуса и газовой части с завихрителем, выполненный в виде съемной втулки с лопатками.

Рис. 2. Поперечный разрез панели с горелочным смесителем ГПС-0,4:

1 – сводовая панель; 2 – газовая часть; 3 – клеммная коробка; 4 – электрод розжига; 5 – завихритель; 6 – горелочный камень; 7 – патрубок фотодатчика

На входной стороне газовой части установлен электрод розжига, на выходной – газовое сопло с системой выходных отверстий. Отверстия подобраны таким образом, чтобы часть смеси образовывалась вблизи электрода зажигания, а основная часть – на выходе из горелочного туннеля.

Горелочный камень выполнен из легкого высокотемпературного теплоизоляционного материала PYRO-BLOKMODULES (циркониевого волокна). Внутренний канал изготовлен в виде конического туннеля, входная часть которого имеет диаметр, равный диаметру выходного отверстия воздушного корпуса. Коническая внутренняя рабочая поверхность камня покрыта специальной обмазкой.

Воздух на все пять горелок – смесителей поступает из общей горелочной панели и в процессе работы не перераспределяется. Газ подводится к каждому смесителю от общего коллектора. На отводах к смесителю установлены шаровый кран, электромагнитный клапан и поворотная заслонка. Газовые коллекторы расположены на сводовых панелях.

Торцевая жидкотопливная горелка состоит из воздушного корпуса, завихрителя воздуха с приводом, позволяющим изменять степень завихрения воздуха, пневматической форсунки, горелочного камня, фотодатчика. Для розжига горелки применен жидкотопливный керосиновый запальник ЭКВ-АК-4Д производства предприятия ООО «Общемаш», работающий в комплекте с системой управления и подачи топлива от индивидуального бачка.

Топливо в торцевые горелки подводится от одной арматурной станции. Конструктивно арматурная станция собрана в виде унитарного узла, к которому выполнены подвод и отвод жидкого топлива и сжатого воздуха и имеются выходные патрубки для подключения к горелкам.

На входной линии подачи жидкого топлива последовательно установлены: два входных запорных органа, фильтр, расходомер, регулирующий и электромагнитный клапаны. Затем выполнен коллектор с разводкой топлива на три горелки и установкой необходимой арматуры.

Зажигательный горн в описанном варианте изготовлен на производственной базе ОАО «ВНИИМТ» совместно с предприятием ООО «Нестандарт» вместе с газопроводами, горелками, вспомогательными элементами, включая ограждения рабочих площадок, лестниц и после контрольной сборки передан Заказчику для монтажа на месте эксплуатации.

Монтаж оборудования выполнен под авторским надзором ОАО «ВНИИМТ». Пуск горна в работу выполнила комплексная бригада Исполнителя и Заказчика*.

Основные результаты ввода горна в эксплуатацию и опыта работы с октября 2010 г. по настоящее время следующие.

При таком опробовании горелок видимых отказов в работе не обнаружено. Единичные отказы в контроле пламени были восприняты как случайные явления, вызванные помехами в цепях коммуникаций.

В автоматическом режиме розжиг осуществлялся контроллером. Общее время, затрачиваемое на розжиг, составляло 3–4 мин розжиг производился успешно на любой нагрузке горелок по газу. Давление воздуха в панелях горна составляло от 75 до 95 мм вод. ст.

* В пуске оборудования в эксплуатацию принимали участие: Помазаненко Ю.Г., Шестаков А.Н., Вегнер Б.Б., Татарников В.В., Шестаков С.Б.

По визуальным наблюдениям все горелки горна нагружены примерно одинаково. Угол раскрытия факела примерно соответствует углу раскрытия амбразуры горелочного камня.

Опробован режим розжига горелки от факела рядом работающего горелочного устройства. Обнаружено, что такой способ не является надежным, так как наблюдаются отказы в воспламенении в связи с малым углом раскрытия потока газозвоздушной смеси, выходящей из горелочного камня.

Особенностью конструкции горна явилась легкая волокнистая футеровка, не требующая дополнительного времени на разогрев огнеупорных изделий. Поэтому после розжига всех горелок были сразу установлены номинальная нагрузка по сырой шихте, загружаемой на тележки, номинальный расход газа, и горн введен в нормальный режим эксплуатации.

Отсутствие необходимости разогрева футеровки горна давало возможность после выхода на режим производить оперативное отключение всех горелок, производить осмотр состояния рабочего объема, производить повторный розжиг и эксплуатировать горн в прежнем режиме.

В ходе выполнения работ составлена режимная карта работы зажигающего горна при обжиге концентрата и при использовании ферросплавного газа (табл. 2).

Таблица 2

Режимная карта эксплуатации зажигающего горна агломерационной машины МАК-60/120 при его отоплении ферросплавным газом

№ п/п	Параметр	Марганцевый концентрат	Хромовый концентрат
1	Производительность, т/ч	52,7	42,2
2	Скорость движения агломашины, м/мин	0,3–0,7	0,3–0,35
3	Высота слоя, мм	450–500	400–450
4	Низшая теплота сгорания топлива, ккал/м ³	2200–2700	2200–2700
5	Количество горелок, шт.	10	10
6	Количество работающих горелок, шт.	8–10	8–10
7	Расход газа, м ³ /ч:		
	в режиме «большого газа»	750–850	750–850
	в режиме «малого газа»	150–300	300
8	Давление газа перед горном, кПа	2–5,5	2–5,5
9	Давление газа перед горелками, кПа:		
	в режиме «большого газа»	1,5–2,5	1,5–2,5
	в режиме «малого газа»	0,4–0,5	0,4–0,6
10	Расход воздуха м ³ /ч:		
	в режиме «большого газа»	4300–4600	4500–4600
	в режиме «малого газа»	3800–4000	3800–4200
11	Давление воздуха перед горном, кПа	4,2–4,6	4,2–4,6
12	Разрежение в горне, кПа	–(5–8)	–(5–8)
13	Температура поверхности шихты, °С	800–1050	900–1200

Наиболее сложная проблема возникла со стойкостью горелочных камней, на которых наблюдались трещины и сколы. Не останавливаясь на деталях, отметим, что было опробовано несколько вариантов горелочных камней различной формы и из различных материалов. Наиболее приемлемым оказался вариант, который затем был применен и на машинах ОАО «ММК».

Приобретенный опыт эксплуатации разработанного на Аксуском ферросплавном заводе горна использован для создания зажигающих горнов агломашин № 13 (рис. 3), а затем № 10 ОАО «ММК».

Основные технические решения по конструкции горна машины № 13 сохранены такими же, какие были реализованы на машине Аксуского завода ферросплавов, но внесены изменения, связанные с производительностью машины. Исходные данные для разработки горна заданы ОАО «Уралмаш-завод».

Параметры агломашины № 10: площадь спекания – 75 м²; высота слоя шихты – 320 мм; скорость движения тележки – 1,4–2,0 м/мин; время зажигания – 2 мин; производительность по агломерату – 97,8 т/ч; режим работы – непрерывный.

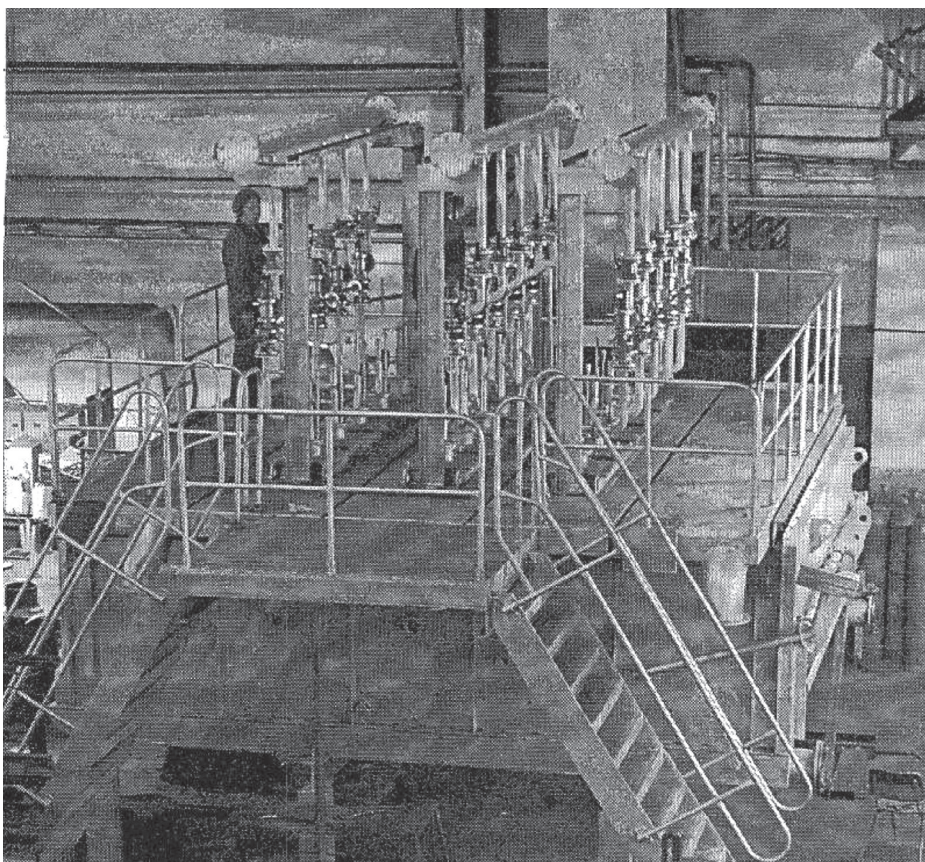


Рис. 3. Фотография зажигающего горна агломашины № 13 ОАО «ММК»
(контрольная сборка)

Конструктивные и режимные параметры горна: длина горна в свету – 4270 мм; ширина горна и тележки – 3360 мм; расположение горелок – сводовое; количество горелок – 15 шт.; высота горна от уровня шихты до свода – 0,9 м.

Характеристика энергоносителей: топливо – коксовый газ.

Элементный состав топлива по данным ММК, об. %: CO – 7,8–7,9; H₂ – 53,6–55,3; CH₄ – 21,0–22,2; N₂ – 8,5–11,7; CO₂ – 2,9–3,1; C_m H_n – 2,0–2,2; O₂ – 0,9–1,0.

Влажность – до 2 %; содержание сероводорода – 2,3 г/м³; содержание нафталина – 0,5 г/м³; расход топлива (максимальный) – 1476 м³/ч; температура газа и воздуха равна температуре окружающей среды; температура продуктов сгорания в горне над слоем шихты – 1100–1250 °С.

Отличительной особенностью разработанного зажигательного горна агломашины № 13 является следующее:

- на горне установлены три горелочные панели с 15 газовыми горелками;

- газовые коллекторы панелей установлены на стойках, что существенно освободило проход между горелками и облегчило обслуживание.

Общий вид изготовленного горна на момент контрольной сборки показан на фото (рис. 3). После изготовления и монтажа горна на площадке Заказчика выполнена его наладка и ввод в эксплуатацию*.

Проект общего энергоснабжения горна с подводами к нему газа и воздуха и проект размещения горна на агломашине выполнен ОАО «Гипромез» (г. Магнитогорск).

Горн эксплуатируется с системой управления, спроектированной ОАО «Уралмашзавод».

При эксплуатации горна система отопления обеспечивала автоматический розжиг и контроль факела.

Горн не требует сушки и разогрева футеровки. При этом время непроизводительных простоев при остановке оборудования сведено к минимуму, необходимому только к отдаче команды на пуск горна с общего пульта управления. При этом система управления осуществляет автоматический последовательный пуск горелок с отслеживанием наличия факела каждой горелки. Возможен местный пуск каждой горелки от кнопочного пульта, установленного у каждого горелочного устройства.

Опыт ввода в эксплуатацию подтвердил ожидаемые положительные показатели работы горна, но обнаружились особенности, отличные от работы горна в Аксу.

Существующая и не подвергавшаяся реконструкции система подачи воздуха предусматривала забор воздуха на нижней отметке машины в районе выгрузки агломерата. Поэтому в горелки подавался запыленный воздух. При этом наблюдались значительные отложения пыли, состоящей из обожженных частиц шихты, на смесителях горелок и горелочных туннелях.

* В пуске горнов на ОАО «ММК» приняли участие: Емельянов Л.Г., Халитов Н.Р., Нефедьев Н.Д., Головырин С.С., Павлов В.Ю., Татарников В.В., Шестаков С.Б., Баков А.В.

Кроме того, температура нагнетаемого воздуха составляла около 50 °С, что снижало эффективность воздушного охлаждения сводовых панелей и усложняло эксплуатацию газовой арматуры.

В связи с отсутствием защитного козырька над слоем спеченного агломерата наблюдался перегрев поворотной заслонки горна и газопроводов последней горелочной панели. Поворотная заслонка была заменена на стационарную стенку.

Мероприятия по снижению эффективности перемешивания коксового газа и воздуха в горелках в целях снижения температуры пламени в горелочных туннелях и предотвращения их от разрушения оказались эффективными. Но это привело к уменьшению угла раскрытия факела, и на поверхности шихты обозначились полосы с явными низкими уровнями температур.

Указанные недостатки были учтены при разработке зажигательного горна для агломерационной машины № 10 ОАО «ММК», показанного на рис. 4. Горн также изготовлен ОАО «ВНИИМТ» и введен в эксплуатацию на ОАО «ММК» с марта 2013 г.

На новом горне установлены 16 горелочных устройств. Причем на второй панели установлено шесть горелок со смещением их осей относительно горелок первой и третьей панелей. Все горелочные панели горна смещены на 600 мм в сторону его передней стенки.

Для обеспечения большей плотности рабочего объема горна уменьшены зазоры во всех монтажных соединениях сводовых панелей и боковых стен.

Предусмотрен подвод сжатого воздуха для душирующего охлаждения газовой арматуры и датчики контроля пламени, установленных на панелях горна перед горелками.

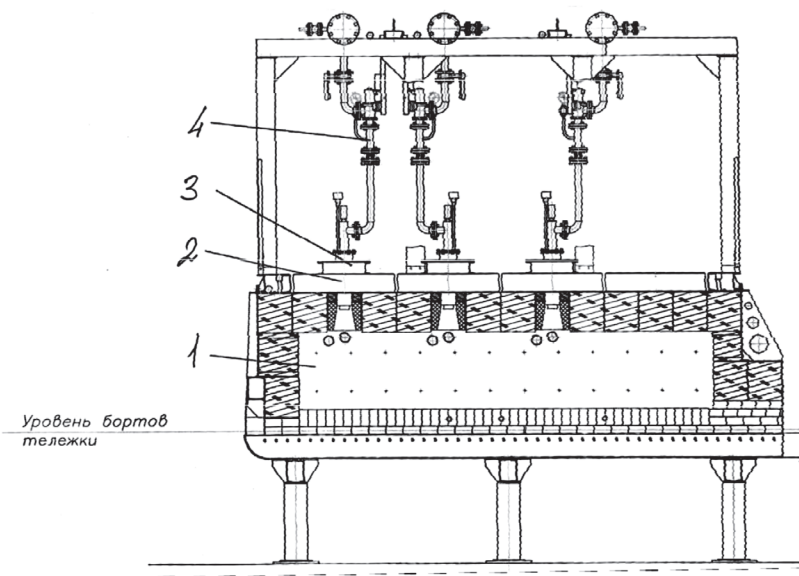


Рис. 4. Общий вид горна агломашины № 13 ОАО «ММК» (продольный разрез):
1 – рабочая камера; 2 – сводовая панель; 3 – горелка; 4 – газопровод на стойках

Предусмотрена передача сигнала о положении электромагнитных клапанов («открыто – закрыто») каждой горелки на пульт управления оператора машины.

После периода эксплуатации в течение 1 года и 4 месяцев, в течение которого замечаний о работе горна не поступало, во время текущего ремонта агломашины было произведено полное отключение горна и осмотр состояния всего оборудования представителями ОАО «ММК», ОАО «Уралмашзавод» и ОАО «ВНИИМТ».

При осмотре замечаний по металлоконструкциям горна, сводовым панелям, горелкам, газопроводам, арматуре, фотодатчикам, арматуре и системе розжига не было. Но отмечены отложения гарнисажа на всех элементах электроискровых разрядных устройствах, выставленных из горелок в рабочий объем горна, что подтверждало необходимость их профилактической очистки.

Общее состояние футеровки горна, выполненной из волокнистого рулонного материала Модуль Z-блок удовлетворительное. Поверхность футеровки практически вся покрыта слоем гарнисажа толщиной от 5 до 15 мм. Однако обнаружено частичное разрушение Z-блоков на передней стенке горна в ее нижней низкотемпературной части, вероятной причиной которого может быть неправильный газодинамический режим горна и отсутствие дросселирования вакуум-камер под горном.

На пяти горелочных камнях на их плоскостях, обращенных в горновое пространство и не связанных с формированием факела, обнаружены частичные разрушения или сколы с размерами отколовшихся фрагментов не более 50 мм.

Признана целесообразность дальнейшей эксплуатации горелочных камней и всего горна в штатном режиме.

Выводы

Приведено описание устройств и начального периода эксплуатации нового зажигательного горна для агломашин.

Горн футерован легким волокнистым материалом, не требующим затрат на сушку и разогрев футеровки. Горн оборудован сводовыми панельными автоматизированными горелками, монтаж которых может осуществляться вместе с горелочными камнями без доступа в рабочий объем горна.